






Method for correcting oscillation-induced imaging errors in an objective

Patent number: DE10204465
Publication date: 2003-08-14
Inventor: KOHL ALEXANDER (DE); HOLDERER HUBERT (DE)
Applicant: ZEISS CARL SMT AG (DE)
Classification:
 - international: **G02B27/00; G02B27/64; G02B27/00; G02B27/64;**
 (IPC1-7): G02B13/00; G02B7/28; G03B5/00; G03F7/20
 - european: G02B27/00K7; G02B27/64V
Application number: DE20021004465 20020205
Priority number(s): DE20021004465 20020205

Also published as:

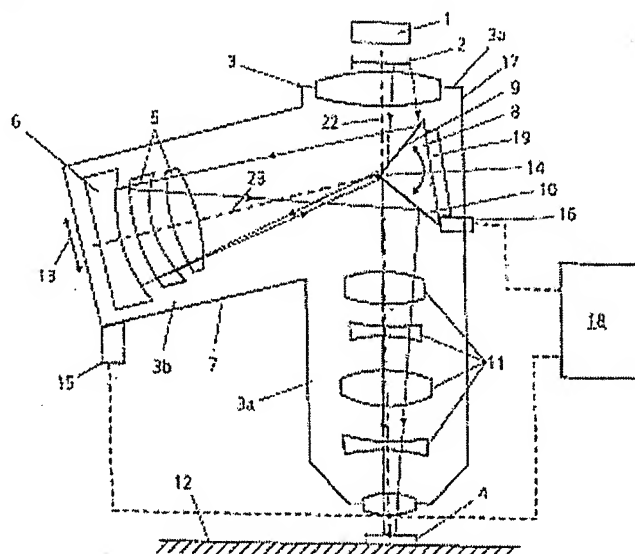
 WO03067308 (A1)
 EP1472564 (A1)
 US6943965 (B2)
 US2003147150 (A1)
 AU2003244492 (A1)

Report a data error here

Abstract not available for DE10204465

Abstract of corresponding document: **US2003147150**

In a method for correcting oscillation-induced imaging errors in an objective, in particular a projection objective in microlithography for fabricating semiconductor elements, an at least first objective part and a second objective part are provided. In this case, the first objective part has a first optical axis and the second objective part has an optical axis which deviates from the first optical axis. Beam deflection takes place between the two objective parts via at least one optical beam deflection element. The oscillations occurring in the second objective part are measured and evaluated by means of a sensor system. The results are used as input data for a device, which adjusts the beam direction in the objective, in such a way that imaging errors occurring as a result of the oscillations of the second objective part are compensated for.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 04 465 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 02 B 13/00
G 03 F 7/20
G 03 B 5/00
G 02 B 7/28

⑳ Aktenzeichen: 102 04 465.1
㉔ Anmeldetag: 5. 2. 2002
㉕ Offenlegungstag: 14. 8. 2003

DE 102 04 465 A 1

㉑ Anmelder:
Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

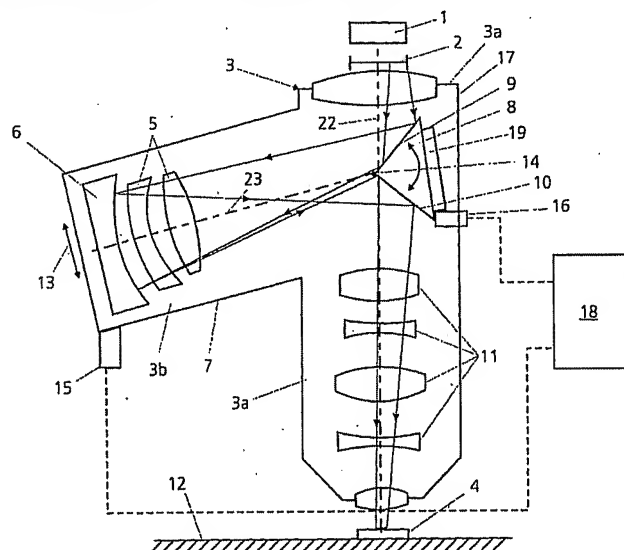
㉒ Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

㉓ Erfinder:
Kohl, Alexander, Dr., 73430 Aalen, DE; Holderer,
Hubert, Dipl.-Ing., 89551 Königsbrunn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉔ Verfahren zur Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern in einem Objektiv

㉕ Bei einem Verfahren zur Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern in einem Objektiv, insbesondere ein Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen, sind ein wenigstens erstes Objektivteil (3a) und ein zweites Objektivteil (3b) vorgesehen. Dabei wählt das erste Objektivteil (3a) eine erste optische Achse (22) und das zweite Objektivteil (3b) eine optische Achse (23) auf, die von der ersten optischen Achse (22) abweicht. Über wenigstens ein optisches Strahlumlenkelement (8, 24) findet eine Strahlumlenkung zwischen den beiden Objektivteilen (3a, 3b) statt. Die in dem zweiten Objektivteil (3b) auftretenden Schwingungen werden über eine Sensorik (15) gemessen und ausgewertet. Die Ergebnisse werden als Eingangsdaten für eine die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung (19) derart verwendet, daß durch die Schwingungen des zweiten Objektivteiles (3b) auftretende Abbildungsfehler kompensiert werden.



DE 102 04 465 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern in einem Objektiv, insbesondere ein Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen, wobei das Objektiv wenigstens ein erstes Objektivteil mit einer ersten optischen Achse und ein zweites Objektivteil aufweist, dessen optische Achse von der ersten optischen Achse abweicht, wobei über wenigstens ein optisches Strahlumlenkelement eine Strahlumlenkung zwischen den beiden Objektivteilen stattfindet.

[0002] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern in einem Objektiv.

[0003] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen mit wenigstens einem ersten Objektivteil, mit einer ersten optischen Achse und mit einem zweiten Objektivteil, dessen optische Achse von der ersten optischen Achse abweicht, wobei zwischen dem wenigstens einen ersten Objektivteil und dem zweiten Objektivteil ein optisches Strahlumlenkelement angeordnet ist.

[0004] Aus räumlichen Gründen werden häufig Objektive, wie z. B. Projektionsobjektive für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen, derart ausgebildet, daß mehrere optische Achsen zwischen einer Objekzebene und einer Bildebene vorhanden sind. So sind z. B. sogenannte katadioptrische Objektive bekannt, wobei ein Objektivteil eine horizontale optische Achse bzw. eine leicht nach unten zur Horizontalen geneigte optische Achse aufweist. Dabei erfolgt eingangsseitig von einem ersten Objektivteil mit vertikaler optischer Achse eine Strahlumlenkung über ein Prisma zu einem horizontalen Objektivgehäuse. In dem horizontalen Objektivteil erfolgt nach Durchgang durch eine Linsengruppe über einen Konkavspiegel eine Strahlreflexion zurück zu dem Prisma, von wo der Strahl wiederum mit vertikaler optischer Achse zu der Bildebene führt.

[0005] Bei einem ähnlichen Objektivtyp folgt auf eine erste vertikale optische Achse eine in horizontaler Richtung verlaufende optische Achse, die ebenfalls in einem horizontalen Objektivteil verläuft. Auch hier erfolgt eine Reflexierung des Strahles an einem Konkavspiegel. Als Strahlumlenkeinrichtung zwischen der vertikalen und der horizontalen Achse ist dabei ein Strahlteilererelement, z. B. ein Strahlenteilerwürfel vorgesehen, wobei der an dem Konkavspiegel reflektierte Strahl nach Durchgang durch das Strahlteilererelement an einem Umlenkspiegel zu einem dritten Objektivteil mit einer zweiten vertikalen Achse umgelenkt wird. Unter dem dritten Objektivteil befindet sich in diesem Fall die Bildebene, in welcher sich bei einem Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie ein Wafer befindet. In der Objekzebene, welche sich bei beiden Objektivarten über dem ersten Objektivteil befindet, ist ein Retikel angeordnet, dessen Struktur in entsprechend verkleinertem Maßstab auf dem Wafer abgebildet wird.

[0006] Bei beiden Objektivtypen muß das zweite Objektivteil mit seinem Objektivgehäuse sehr steif ausgebildet sein, da sich dynamische Verschiebungen und Verkippungen des Konkavspiegels, der in dem horizontalen Teil des Objektivgehäuses gelagert ist, stark auf Bildfehler des Objektives auswirken. Nachteilig dabei ist insbesondere, daß bei den geforderten hohen Abbildungsgenauigkeiten bei Projektionsobjektiven für die Mikrolithographie trotz massivem mechanischen Aufbau mitunter die geforderten Abbildungsqualitäten nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand erreicht werden können.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Auf-

gabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit welchem schwingungsinduzierte Abbildungsfehler eines Objektivteiles, insbesondere eines Objektivteiles, das von der vertikalen optischen Achse, die für die Bildebene vorgesehen ist, vermieden oder zumindest weitgehend reduziert werden.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß in dem zweiten Objektivteil auftretende Schwingungen über eine Sensorik gemessen und ausgewertet werden, und daß die Ergebnisse als Eingangsdaten für eine die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung derart verwendet werden, daß durch die Schwingungen des zweiten Objektivteiles auftretende Abbildungsfehler kompensiert werden.

[0009] Vorrichtungsmäßig wird diese Aufgabe gemäß Anspruch 9 dadurch gelöst, daß das zweite Objektivteil mit ein oder mehreren Sensoren versehen ist, die mit einer Auswertungs- und Steuerelektronik verbunden sind, welche wiederum mit einem Verstellglied verbunden ist, das entsprechend der erhaltenen Eingangsdaten die Position des Strahlumlenkelementes verändert.

[0010] Eine erfindungsgemäße Lösung für ein Projektionsobjektiv in der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen ist in Anspruch 17 beschrieben.

[0011] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung hierzu läßt sich der Einfluß von unvermeidlichen Schwingungen eines Objektivteiles, insbesondere eines horizontalen Objektivteiles, regeln bzw. so beeinflussen, daß durch eine entsprechende Einrichtung die durch die Schwingungen auftretenden Abbildungsfehler kompensiert werden. Dies ist z. B. dadurch möglich, daß man das Strahlumlenkteil mit einem Verstellglied versieht, das entsprechend von einer Auswertungs- und Steuerelektronik gesteuert so aktiviert wird, daß entsprechende Gegenschwingungen induziert werden bzw. durch das Verstellglied das Strahlumlenkelement so verstellt wird, daß die schwingungsinduzierten Strahlrichtungsänderungen derart kompensiert werden, daß es zu keiner Strahlabweichung auf der Bildebene und damit zu keiner Reduzierung der Abbildungsqualität kommt.

[0012] In der Praxis bedeutet dies z. B., daß man dem Strahlumlenkelement Schwingungen auferlegt, die eine Gegenfrequenz mit entsprechend angepasster Amplitude aufweist, wie die die Abbildungsqualität beeinträchtigenden Schwingungen des Objektivteiles. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß auch bei Strahlumlenkungen, z. B. in dem horizontalen Objektivteil der in diesem reflektierten Strahl stets auf die gleiche vorbestimmte Stelle in dem Strahlumlenkteil trifft und damit exakt zur Bildebene weitergeleitet werden kann. Praktisch erfolgt eine laufende Verstellung des Strahlumlenkelementes, die synchron zu den Schwingungen verläuft.

[0013] In einer Weiterbildung der Erfindung kann das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung hierzu neben einer aktiven Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern auch zur Korrektur von Langzeiteffekten verwendet werden, die z. B. zu einem Absinken oder einer Lageänderung, von optischen Elementen in dem Objektivgehäuse, wie z. B. Spiegeln, Linsen und dem Strahlumlenkelement aufgrund der auftretenden Schwingungen führen. Hierzu gehören z. B. ein Kriechen von Klebeverbindungen und Alterungen der Fassungen und der Objektivstruktur.

[0014] Auf ähnliche Weise können auch mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Korrekturen von inhomogenen Temperaturverteilungen in der Objektivstruktur vorgenommen werden.

[0015] In beiden Fällen ist es hierzu lediglich erforderlich durch eine entsprechende Sensorik Abweichungen von einer

Sollwert-Nullageposition der Strahlumlenkeinrichtung festzustellen und diese dann entsprechend nachzukorrigieren. [0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispiel.

[0017] Es zeigt:

[0018] Fig. 1 eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem katadioptrischen Projektionsobjektiv,

[0019] Fig. 2 eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem Objektiv in einer Ausgestaltung mit zwei vertikalen optischen Achsen und einer dazwischenliegenden horizontalen optischen Achse, und

[0020] Fig. 3 in der Draufsicht eine Prinzipdarstellung eines Prismas als Strahlumlenkelement mit Ausgleichsmassen.

[0021] In der Fig. 1 ist eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen prinzipmäßig beschrieben. Es weist ein Beleuchtungssystem 1 mit einem nicht dargestellten Laser als Lichtquelle auf. In der Objektebene der Projektionsbelichtungsanlage befindet sich ein Retikel 2, dessen Struktur auf ein unter einem Projektionsobjektiv 3 angeordneten Wafer 4, der sich in der Bildebene befindet, in entsprechend verkleinertem Maßstab abgebildet werden soll.

[0022] In der Fig. 1 ist als Projektionsobjektiv 3 ein katadioptrisches Objektiv dargestellt mit einem ersten vertikalen Objektivteil 3a und einem zweiten Objektivteil 3b, welches horizontal bzw. leicht schräg gegenüber der Horizontalen geneigt ist. In dem Objektivteil 3b befinden sich mehrere Linsen 5 und ein Konkavspiegel 6, welche in einem Objektivgehäuse 7 des Objektivteiles 3b angeordnet sind. Zur Umlenkung des Projektionsstrahles (siehe Pfeil) von dem vertikalen Objektivteil 3a in das horizontale Objektivteil 3b ist ein Prisma 8 als Strahlumlenkelement vorgesehen. Die auf eine obere Prismenfläche 9 auftreffenden Projektionsstrahlen werden an dem Konkavspiegel 6 reflektiert und treffen anschließend auf die eine untere Prismenfläche 10, von wo die Projektionsstrahlen nach Durchgang durch eine weitere Linsengruppe 11 auf den Wafer 4 treffen, welcher auf einer feststehenden Struktur 12 in der Projektionsbelichtungsanlage verschiebbar angeordnet ist.

[0023] Durch äußere Einflüsse erregte Schwingungen führen hauptsächlich zu einem vertikalen Auf- und Abschwung des Objektivgehäuses 7 bzw. des horizontalen Objektivteiles 3b gemäß Pfeilrichtung 13. Dadurch verschiebt sich die Bildebene, in welcher sich der Wafer 4 befindet. Diese Verschiebung führt zu einer entsprechenden Unschärfe in der Abbildung. Eine Drehung des Prismas 8 um eine vordere Prismenkante 14 führt zu dem gleichen Ergebnis.

[0024] Die momentanen Positionen des horizontalen Objektivteiles 3b bzw. Objektivgehäuses 3 und des Prismas 8 werden mittels Positionssensoren 15 und 16 ermittelt. Der Positionssensor 15 ermittelt dabei den Abstand des horizontalen Objektivgehäuses 7 gegenüber der feststehenden Struktur 12 und dem Positionssensor 16 den Abstand des Prismas 8 gegenüber einem vertikalen Objektivgehäuse 17.

[0025] Werden nun durch den Positionssensor 15 Schwingungen des horizontalen Objektgehäuses festgestellt, so werden diese über Steuerleitungen in eine Auswertungs- und Steuerelektronik 18 eingegeben. Dort werden die Soll- und Istpositionen unter Einfluß der Verwertung der von dem Positionssensor 16 gelieferten Werte mit Soll- und Istpositionen verglichen und eine Aktuatoreinrichtung 19 als eine die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung, welche in der Fig. 1 nicht näher dargestellt wird, entsprechend angesteuert. Die Aktuatoreinrichtung 19 kann von beliebiger Bauart sein. So sind hierfür elektrische, me-

chanische oder auch piezoelektrische Aktuatorglieder möglich. Durch die Aktuatoreinrichtung 19 wird das Prisma 8 um die vordere Prismenkante 14 entsprechend der von der Auswertungs- und Steuerelektronik 18 gelieferten Werte verschwenkt. Das Prisma 8 ist hierzu entsprechend schwenkbar in dem Objektivgehäuse 17 anzuordnen. Damit nur geringe Verstellkräfte erforderlich sind und die Verstellung auch sehr schnell erfolgen kann, kann das Prisma 8 mit Ausgleichsmassen 20 versehen sein, welche sich außerhalb des für die Belichtung erforderlichen Bereiches an dem Prisma 8 befinden. Wie aus der vergrößerten Darstellung der Fig. 3 ersichtlich ist, kann dies dadurch erfolgen, daß an beiden Seiten des Prismas aus diesem auf der von der Aktuatoreinrichtung 19 abgewandten Seite der vorderen Prismenkante, um die eine Verschwenkung des Prismas 8 erfolgt, ein Gestänge 21 herausragt, an dessen vorderen Enden die Ausgleichsmassen 20 angeordnet sind.

[0026] Entsprechend den in dem horizontalen Objektivgehäuse 7 auftretenden Schwingungen werden synchron dazu Gegenschwingungen an dem Prisma 8 durch die Ansteuerung der Auswertungs- und Steuerelektronik 18 erzeugt. Die synchronen "Gegenschwingungen" sind dabei so zu wählen, daß trotz Schwingung des horizontalen Objektivgehäuses 7 in Pfeilrichtung 13 und einer daraus resultierenden Verschiebung der Projektionsstrahlen diese stets an der gleichen vorbestimmten Stelle auf die untere Prismenfläche 10 auf-treffen.

[0027] Zusätzlich zu der Detektion der Schwingungen des horizontalen Objektivgehäuses 7 und deren anschließenden Kompensierung kann der Konkavspiegel 6 auch zur Beseitigung von auf andere Weise auftretenden Abbildungsfehlern verwendet werden. Hierzu können ein oder mehrere Referenzstrahlen außerhalb des normalen Belichtungsbereiches in das Projektionsobjektiv 3 eingebracht und in einer Zwischenbildebene unterhalb der unteren Prismenfläche 10 abgebildet werden. Über einen nicht dargestellten Auskoppelspiegel können diese Referenzstrahlen in einen ebenfalls nicht dargestellten Detektor geleitet werden, wo die Wellenfront ausgewertet wird. Über eine Software kann dann nach diesen Daten eine eventuelle Soll-Istoberflächendifferenz für die Oberfläche des Konkavspiegels 6 werden. Anschließend können diese Daten als neue Stellwerte für die Stellung des Prismas 8 und dessen daraus resultierenden eventuellen Verstellungen verwendet werden. Auf diese Weise wird eine korrierte Nullposition des Prismas 8 entsprechend der Abbildungsfehler eingestellt. Diese Nullposition dient dann auch für die Kompensation von Schwingungen in dem horizontalen Objektivgehäuse 7.

[0028] Fig. 2 zeigt eine ähnliche Ausgestaltung eines Projektionsobjektives 3, wobei für die gleichen Teile auch die gleichen Bezugszeichen beibehalten worden sind. Auch hier ist ein erstes vertikales Objektivteil 3a vorgesehen mit einer vertikalen optischen Achse 22, und ein zweites horizontales Objektivteil 3b mit einer wenigstens annähernd in horizontaler Richtung verlaufenden optischen Achse 23. Anstelle eines Prismas 8 ist als Strahlumlenkelement ein Strahlenteilerelement 24 in Form eines Strahlteilerwürfels vorgesehen, durch den die Umlenkung von der vertikalen optischen Achse 22 in die horizontale optische Achse 23 erfolgt. Nach Reflexion der Strahlen an dem Konkavspiegel 6 und einem nachfolgenden Durchtritt durch das Strahlenteilerelement 24 treffen diese auf einen Umlenkspiegel 25. An dem Umlenkspiegel 25 erfolgt eine Ablenkung des horizontalen Strahlengangs 23 wiederum in eine vertikale optische Achse 26. Unterhalb des Umlenkspiegels 25 befindet sich ein drittes vertikales Objektivteil 27 mit einer weiteren Linsengruppe 28. Zusätzlich befinden sich im Strahlengang noch drei $\lambda/4$ -Platten 29, 30 und 31. Die $\lambda/4$ -Platte 29 befindet

sich in dem Projektionsobjektiv zwischen dem Retikel 2 und dem Strahlenteilerelement 24 hinter einer Linse oder Linsengruppe 32. Die $\lambda/4$ -Platte 30 befindet sich im Strahlengang des horizontalen Objektivteiles 3b und die $\lambda/4$ -Platte 31 befindet sich in dem dritten Objektivteil 27. Die drei $\lambda/4$ -Platten dienen dazu die Polarisierung einmal vollständig zu drehen, wodurch unter anderem Strahlenverluste minimiert werden.

[0029] Die einzelnen optischen Achsen des Projektionsobjektives nach der Fig. 2 sind zwar beim Aufbau des Objektives sehr exakt zueinander justiert, so daß sie mit ausreichender Genauigkeit parallel bzw. senkrecht zueinander verlaufen, aber durch mechanische Schwingungen werden die einzelnen Objektivteile gegeneinander verschoben, was zu einer entsprechenden Verschlechterung der Abbildungsqualität führt. Die in dem horizontalen Objektivteil 3b auftretenden Schwingungen werden in gleicher Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel nach der Fig. 1 durch eine Aktuatoreinrichtung 19 kompensiert, die mit dem Umlenkspiegel 25 verbunden ist. Auch hier ermitteln wiederum Sensoren 15 und 16 die Positionen des Konkavspiegels 6 bzw. des Umlenkspiegels 25 und leiten dessen Werte über Steuerleitungen zu der in diesem Ausführungsbeispiel nicht mehr dargestellten Auswertungs- und Steuerelektronik 18.

[0030] Im Bedarfsfall kann der Sensor 15 oder auch ein separater Sensor, der an dem Gehäuse 7 des Objektivteiles 3b angeordnet ist, dazu verwendet werden, um Korrekturen vorzunehmen, die z. B. aufgrund von Langzeiteffekten zu einem Absinken z. B. des Konkavspiegels 6 geführt haben und damit ebenfalls zu Abbildungsfehlern führen würden.

[0031] Auf ähnliche Weise lassen sich Ortsverschiebungen aufgrund unterschiedlicher Temperaturverteilungen in der gesamten Objektivstruktur feststellen. In beiden Fällen wird eine entsprechende Korrektur der Nullagenposition an dem Prisma 8 oder dem Umlenkspiegel 19 vorgenommen.

[0032] Als Sensoren 15 und 16 lassen sich die verschiedensten Sensoren verwenden, wie z. B. Kapazitive, Induktive oder andere Wegmeßsensoren.

[0033] Anstelle des Umlenkspiegels 25, an welchem die in Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung 19 angreift, kann hierfür auch das Strahlteilerelement 24 verwendet werden. In diesem Fall ist das Strahlteilerelement 24 entsprechend mit einem Positionssensor 16' und einer Aktuatoreinrichtung 19' (siehe gestrichelte Darstellung in der Fig. 2) zu versehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur von schwingungsinduzierten Abbildungsfehlern in einem Objektiv, insbesondere in einem Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen, wobei das Objektiv wenigstens ein erstes Objektivteil mit einer ersten optischen Achse und ein zweites Objektivteil aufweist, dessen optische Achse von der ersten optischen Achse abweicht, wobei über wenigstens ein optisches Strahlumlenkelement eine Strahlumlenkung zwischen den beiden Objektivteilen stattfindet, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem zweiten Objektivteil (3b) auftretende Schwingungen über eine Sensorik (15) gemessen und ausgewertet werden, und daß die Ergebnisse als Eingangsdaten für eine die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung (19) derart verwendet werden, daß durch die Schwingungen des zweiten Objektivteiles (3b) auftretende Abbildungsfehler kompensiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Objektiv ein katadioptrisches Objektiv ver-

wendet wird, wobei die optische Achse (23) in dem zweiten Objektivteil (3b) wenigstens annähernd in horizontaler Richtung verläuft.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das die Strahlumlenkung bewirkende optische Strahlumlenkungselement ein Prisma (8) ist, das zwischen den beiden Objektivteilen (3a, 3b) eingesetzt wird und an dem die die Strahlrichtung verstellende Einrichtung (19) angreift.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem wenigstens ersten Objektivteil (3a) mit vertikaler optischer Achse (22) ein drittes Objektivteil (27) mit einer vertikalen optischen Achse (26) verwendet wird, und daß das zwischen dem ersten und dem dritten Objektivteil (3a, 27) angeordnete zweite Objektivteil (3b) wenigstens annähernd eine horizontal verlaufende optische Achse (23) aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Strahlumlenkung zwischen dem ersten und dem zweiten Objektivteil (3a, 3b) ein Strahlteilerelement (24) verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strahlrichtung verstellende Einrichtung (19) an dem Strahlteilerelement (24) angreift.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als die Strahlumlenkung bewirkendes optisches Strahlumlenkungselement ein Umlenkspiegel (25) verwendet wird, der zwischen dem zweiten Objektivteil (3b) und dem dritten Objektivteil (27) angeordnet ist und an dem die die Strahlrichtung verstellende Einrichtung (19) angreift.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung (19) zum Ausgleich von auf Langzeiteffekten beruhenden Abbildungsfehlern verwendet wird, wozu eine Nullposition in Abhängigkeit von den Langzeiteffekten einjustiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die die Strahlrichtung im Objektiv verstellende Einrichtung (19) zur Kompensation von inhomogenen Temperaturverteilungen in der Objektivstruktur verwendet wird, wozu eine Nullposition in Abhängigkeit von der inhomogenen Temperaturverteilung einjustiert wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Objektivteil (3b) mit ein oder mehreren Sensoren (15) versehen ist, die mit einer Auswertungs- und Steuerelektronik (18) verbunden sind, welche wiederum mit einem Verstellglied (19) verbunden ist, das entsprechend der erhaltenen Eingangsdaten die Position des Strahlumlenkelementes (8, 24, 25) verändert.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Verstellglied (19) an dem Strahlumlenkelement (8, 25) angreift.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv als katadioptrisches Objektiv ausgebildet ist, mit einem ersten Objektivteil (3a) mit einer in vertikaler Richtung verlaufenden optischen Achse (22) und mit einem zweiten Objektivteil (3b), dessen optische Achse (23) wenigstens annähernd in horizontaler Richtung verläuft, wobei das Strahlumlenkelement als Umlenkspiegel, Strahlteilerelement (24) oder Prisma (8) ausgebildet ist, an dem das Verstellglied (19) angreift.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem ersten Objektivteil (3a) mit der ersten vertikalen optischen Achse (22) ein drit-

tes Objektivteil (27) mit einer zweiten vertikalen optischen Achse (26) vorgesehen ist, und daß für die Strahlumlenkung zwischen dem ersten Objektivteil und dem zweiten Objektivteil (3b) ein Strahlteiler-
element (24) vorgesehen ist, und daß das die Strahlumlenkung bewirkende optische Element als Umlenkspiegel (25) ausgebildet ist, der zwischen dem zweiten Objektivteil (3b) und dem dritten Objektivteil (27) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensorik ein oder mehrere Sensoren (15) vorgesehen sind, die Schwingungen eines Objektivgehäuses (7) des zweiten Objektivteiles (3b) gegenüber einer festen Struktur (12) messen, und daß wenigstens ein Sensor (16) an dem optischen Strahlumlenkungselement (8, 24, 25) zu dessen Positionsbestimmung vorgesehen ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an einem Objektivgehäuse (7) des zweiten Objektivteiles (3b) ein oder mehrere Sensoren (15) vorgesehen sind, die Lageabweichungen der optischen Achse (22) des zweiten Objektivteiles (3b) oder von optischen Elementen (6) gegenüber einer Ausgangs-Nullposition registrieren, wobei die festgestellten Werte in eine Auswertungs- und Steuerelektronik (18) zur Korrektur der Nullwertposition eingebbar sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlumlenkelement (8, 24, 25) mit einer dessen Gewichtskraft wenigstens annähernd kompensierenden Ausgleichsmasse (20) versehen ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß sich bei einem Prisma (8) als Strahlumlenkelement mit einer Drehachse (14) an einer Vorderkante des Prismas (8) die Ausgleichsmassen (20) auf der von dem Verstellglied (19) abgewandten Seite der Drehachse (14) befinden.

18. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen mit wenigstens einem ersten Objektivteil, mit einer ersten vertikalen optischen Achse und mit einem zweiten Objektivteil, dessen optische Achse von der ersten vertikalen optischen Achse abweicht, wobei zwischen dem wenigstens einem ersten Objektivteil und dem zweiten Objektivteil ein optisches Strahlumlenkelement angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Objektivteil (3b) mit ein oder mehreren Sensoren (15) versehen ist, die mit einer Auswertungs- und Steuerelektronik (18) verbunden sind, welche wiederum mit einem Verstellglied (19) verbunden ist, das entsprechend der erhaltenen Eingangsdaten die Position des Strahlumlenkelementes (8, 24, 25) verändert.

19. Projektionsobjektiv nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß es als katadioptrisches Objektiv ausgebildet ist, wobei das zweite Objektivteil (3b) eine wenigstens annähernd in horizontaler Richtung verlaufende optische Achse (23) aufweist, und wobei zur Strahlumlenkung zwischen dem ersten Objektivteil (3a) und dem zweiten Objektivteil (3b) ein Umlenkspiegel, ein Strahlteilerelement (24) oder Prisma (8) vorgesehen ist, an welchem das Verstellglied (19) angreift.

20. Projektionsobjektiv nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem ersten Objektivteil (3a) mit der ersten vertikalen optischen Achse (22) ein drittes Objektivteil (27) mit einer zweiten vertikalen optischen Achse (26) vorgesehen ist, wobei zwischen dem ersten Objektivteil (3a) und dem zweiten Objektivteil (3b), das wenigstens annähernd eine in

horizontaler Richtung verlaufende optische Achse (23) aufweist, ein Strahlteilerelement (24) angeordnet ist, und daß zwischen dem zweiten Objektivteil (3b) und dem dritten Objektivteil (27) als Strahlumlenkungselement ein Umlenkspiegel (25) angeordnet ist, an dem das Verstellglied (19) angreift.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

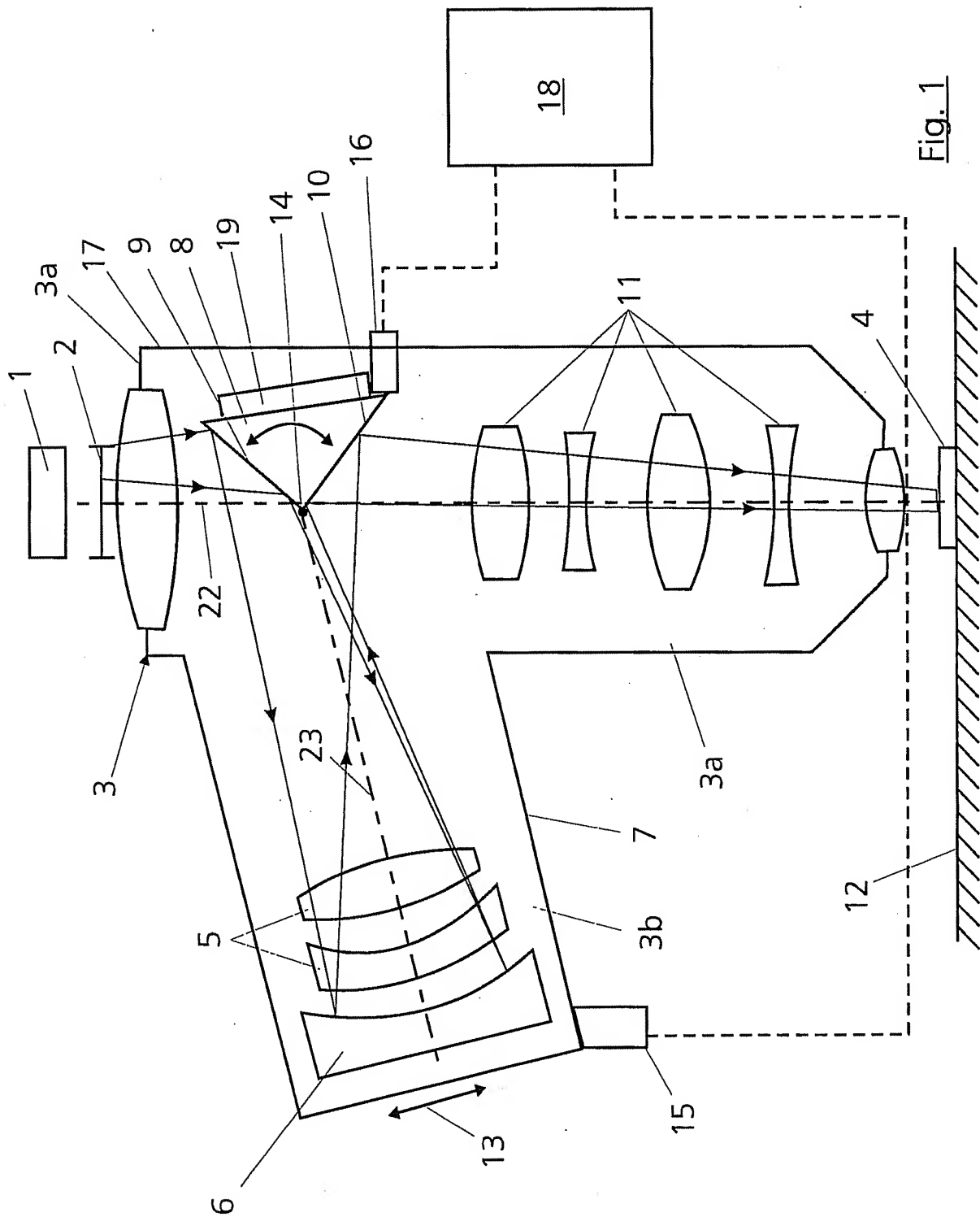


Fig. 1

